



前立腺癌の放射線治療における非剛体位置合わせの不確かさが合算線量評価へ及ぼす影響に関する研究

著者	阿部 良知
学位授与機関	Tohoku University
学位授与番号	11301甲第17894号
URL	http://hdl.handle.net/10097/00123792

学 位 論 文 要 約

博士論文題目 前立腺癌の放射線治療における非剛体位置合わせの不確かさが合算線量評価へ及ぼす影響に関する研究

東北大学大学院医学系研究科 医科学専攻

内科病態学講座 放射線腫瘍学分野

学籍番号 B3MD5003 氏名 阿部 良知

【目的】近年、DIR (deformable image registration; 非剛体画像位置合わせ) と呼ばれる画像変形技術を用いて、異なる CT (computed tomography; コンピュータ断層撮影) 画像をある一つの基準の CT 画像に対して変形し、治療期間中の臓器変動を考慮した合算線量の算出が可能となって来ている。しかし、DIR の変形の精度には不確かさが含まれておりこの不確かさが合算線量の結果に影響を及ぼすことが知られている。前立腺癌の外部照射の代表的な治療法として IMRT (intensity modulated radiotherapy; 強度変調放射線治療) や陽子線治療などが広く行われている。治療モダリティの違いにより DIR の不確かさの影響は異なると考えられるが、どの程度異なるかは明らかとなっていない。そこで本研究は前立腺癌患者を対象に陽子線治療、IMRT それぞれの治療計画に対して合算線量を算出し、DIR の不確かさが合算線量に与える影響を解明する。

【方法】陽子線治療を施行した前立腺癌の患者 10 名を本研究の対象とした。治療開始前に撮影した治療計画 CT (pre-CT) と治療時に位置確認用に撮影した CT 画像 (post-CT) を用いた。post-CT は 2 週に一度の頻度で患者毎に 5 回ずつ撮影を行った。初めに、pre-CT 画像上で陽子線、IMRT の治療計画をそれぞれ作成した。ここで、陽子線の治療計画は CTV (clinical target volume; 臨床標的体積) に対するマージンを IMRT の PTV (planning target volume; 計画標的体積) マージンと同一に設定した比較用の治療計画 (PT_{comp}) と陽子線特有の飛程の不確かさなどを補償したマージンに設定した臨床で照射されている治療計画 (PT_{treat}) の 2 種類を作成した。pre-CT 画像上で作成した線量分布図を post-CT 画像に移し込み再計算させる。次に post-CT 画像を pre-CT 画像に近づくように DIR を用いて変形を行う。DIR ソフトウェアには RayStation (RaySearch Laboratories) と Velocity (Varian medical systems) を用いた。このとき算出された変形量を post-CT 画像で再計算した線量分布に適用させ変形線量分布を作成する。各 post-CT から pre-CT に向けて変形した線量分布を pre-CT 画像上でそれぞれ合算し治療期間中の合算線量を求めた。線量評価指標には直腸及び膀胱の平均線量 (D_{mean})、40 Gy 以上照射されている体積 (V_{40})、及び V_{70} を用いた。また、DIR の精度評価は、変形前後の輪郭の一致度をダイス係数及びハウスドルフ距離を用いて評価した。合算線量の各評価指標と DIR 精度の指標であるダイス係数とハウスドルフ距離の誤差との関係について評価を行った。

【結果】ダイス係数に関して RayStation は Velocity より平均で 0.14 だけ高い値を示した。ハウスドルフ距

離に関して、RayStation は Velocity より平均で 6.4 mm だけ短い値を示した。直腸において、RayStation と Velocity 間での合算線量差は、 D_{mean} 、 V_{40} 、 V_{70} の各線量評価指標の 10 例分の平均で IMRT では、3.4 Gy (最大:7.8 Gy)、6.6 % (最大:15.0 %)、3.9 % (最大:10.0 %)、 PT_{treat} では、4.0 GyE (最大:9.6 GyE)、5.5 % (最大:14.4 %)、3.3 % (最大:8.1 %)、 PT_{comp} では、4.5 GyE (最大:9.8 GyE)、6.2 % (最大:14.8 %)、3.9 % (最大:8.0 %) となった。また、膀胱では D_{mean} 、 V_{40} 、 V_{70} それぞれ平均で IMRT では 4.3 Gy (最大:9.2 Gy)、4.8 % (最大:16.5 %)、4.1 % (最大:9.4 %)、 PT_{treat} では、5.3 GyE (最大:15.6 GyE)、5.9 % (最大:22.8 %)、5.4 % (最大:19.6 %)、 PT_{comp} では、4.6 GyE (最大:14.6 GyE)、5.2 % (最大:22.5 %)、4.3 % (最大:13.7 %) となった。IMRT と PT_{comp} 間の合算線量差の大きさは直腸の D_{mean} で有意差が認められた。他の評価指標では有意差は認められなかったが、 PT_{comp} で線量差が大きくなる傾向が見られた。

【結論】前立腺癌の放射線治療において、DIR の不確かさが合算線量の結果にどの程度影響を与えるか評価した。本研究の結果より、陽子線治療は IMRT より DIR 誤差の影響を強く受ける可能性が示唆された。今回の結果は陽子線治療における DIR を用いた合算線量評価に基づく適応放射線治療の実現の一助になると考えられる。しかし、両治療モダリティともダイス係数及びハウスドルフ距離が平均でそれぞれ 0.14、6.4 mm 異なる DIR ソフトウェアを用いた場合、直腸及び膀胱の V_{40} で最大 10.0 %以上のずれが見られた。従って、臨床で DIR を用いた合算線量評価を用いる際には、事前に使用する DIR の精度評価を行い、DIR の不確かさが合算線量の結果にどの程度影響を及ぼすかを十分に把握した上で使用する必要がある。